

УДК 004.65
ББК 32.972.134
Б87

Б87 Шеннон Брэдшоу, Йон Брэзил, Кристина Ходоров
MongoDB: полное руководство. Мощная и масштабируемая система
управления базами данных. 3-я редакция / пер. с англ. Д. А. Белико-
ва – М.: ДМК Пресс, 2020. – 540 с.: ил.

ISBN 978-5-97060-792-3

Эта книга представляет собой исчерпывающее руководство по работе с MongoDB 4.2 – мощной документоориентированной системой управления базами данных. Авторы, внесшие личный вклад в создание и развитие MongoDB, начинают описание системы с самых азов (история создания, базовая терминология) и постепенно переходят к более сложным темам (выполнение запросов, индексация, агрегирование, транзакции, наборы реплик, управление операциями, шардинг и администрирование данных, долговечность, мониторинг и безопасность).

Читатель получит конкретные советы по написанию приложения, которое хорошо работает с MongoDB, выяснит, какие системные настройки следует учитывать при ее развертывании и как устанавливать MongoDB в Windows, OS X и Linux.

Издание предназначено для разработчиков объемных баз данных, масштабирование которых является одной из приоритетных задач.

УДК 004.65
ББК 32.972.134

Original English language edition published by O'Reilly Media, Inc. Copyright © 2020 Shannon Bradshaw and Eoin Brazil. All rights reserved. Russian-language edition copyright © 2020 by DMK Press. All rights reserved.

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но, поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 978-1-49195-446-1 (англ.)
ISBN 978-5-97060-792-3 (рус.)

© 2020 Shannon Bradshaw and Eoin Brazil. All rights reserved.
© Оформление, перевод на русский язык, издание,
ДМК Пресс, 2020

*Эта книга посвящается нашим семьям
в благодарность за то время, свободу действий и поддержку,
которую они предоставили, чтобы сделать нашу работу
над этой книгой возможной, и за их любовь.*

Анне, Сигурни, Грэму и Беккету – Шэннон

И Джемме, Клоде и Броне – Йон

Оглавление

Предисловие	16
Как устроена эта книга.....	16
Начало работы с MongoDB.....	16
Разработка с MongoDB.....	16
Репликация.....	16
Шардинг.....	17
Администрирование приложений.....	17
Администрирование сервера.....	17
Приложения.....	17
Обозначения, принятые в этой книге.....	17
Использование примеров кода.....	18
Обучение в режиме онлайн.....	19
Предисловие от издательства	20
Отзывы и пожелания.....	20
Список опечаток.....	20
Нарушение авторских прав.....	20
Часть I	
Введение в MongoDB	21
Глава 1. Введение	22
Простота использования.....	22
Разработана для масштабирования.....	22
Богатство функций... ..	24
...Без ущерба для скорости.....	25
Философия.....	25
Глава 2. Начало работы	26
Документы.....	26
Коллекции.....	27
Динамические схемы.....	28
Именованые.....	29
Базы данных.....	30
Начало работы с MongoDB.....	31
Знакомство с оболочкой MongoDB.....	32
Запуск оболочки.....	33
Клиент MongoDB.....	34
Основные операции с оболочкой.....	35

Типы данных	37
Основные типы данных	37
Даты	39
Массивы	40
Вложенные документы	40
_id и ObjectId	41
Использование оболочки MongoDB.....	43
Советы по использованию оболочки	44
Запуск скриптов с помощью оболочки	45
Создание файла .mongorc.js	47
Настройка приглашения	48
Редактирование сложных переменных	49
Неудобные имена коллекций	50
Глава 3. Создание, обновление и удаление документов.....	52
Вставка документов	52
insertMany	52
Проверка вставки	56
insert	56
Удаление документов	56
drop	58
Обновление документов	58
Замена документа	59
Использование операторов обновления	61
Upsert	72
Обновление нескольких документов.....	75
Возврат обновленных документов.....	76
Глава 4. Выполнение запросов	79
Знакомство с методом find.....	79
Указываем, какие ключи нужно вернуть	80
Ограничения	81
Критерии запроса	81
Условные операторы	81
Запросы с оператором OR.....	82
\$not	83
Запросы для определенных типов.....	84
null	84
Регулярные выражения.....	84
Запросы элементов массива	85
Запросы по вложенным документам	91
Операторы \$where	93
Курсоры.....	94
Ограничения, пропуск и сортировка	95

Избегайте больших пропусков	97
Бесконечные курсоры	99

Часть II

Разработка приложения.....101

Глава 5. Индексы 102

Знакомство с индексами	102
Создание индекса	105
Знакомство с составными индексами	108
Как MongoDB выбирает индекс	112
Использование составных индексов.....	114
Как операторы с символом \$ используют индексы	135
Индексирование объектов и массивов	147
Кардинальность индекса	150
Вывод explain.....	150
Когда не стоит прибегать к индексированию	160
Типы индексов	161
Уникальные индексы	161
Частичные индексы.....	164
Управление индексами.....	165
Идентификация индексов	166
Замена индексов.....	167

Глава 6. Специальные типы индексов и коллекций..... 168

Геопространственные индексы	168
Типы геопространственных запросов	169
Использование геопространственных индексов	171
Составные геопространственные индексы	179
Индексы 2d.....	179
Индексы для полнотекстового поиска	182
Создание текстового индекса	183
Поиск по тексту.....	184
Оптимизация полнотекстового поиска	187
Поиск на других языках	188
Ограниченные коллекции	188
Создание ограниченных коллекций	190
Настраиваемые курсоры.....	191
Индексы TTL.....	192
Хранение файлов с помощью GridFS.....	193
Начало работы с GridFS: mongofiles	193
Работа с GridFS из драйверов MongoDB.....	194
Что под капотом	195

Глава 7. Знакомство с фреймворком агрегации	198
Конвейеры, этапы и настраиваемые параметры.....	198
Начало работы с этапами: знакомые операции	200
Выражения	206
\$project.....	207
\$unwind.....	213
Выражения массивов	221
Аккумуляторы	227
Использование аккумуляторов в этапах с \$project	228
Знакомство с группировкой.....	229
Поле _id в этапах \$group.....	235
Сравнение \$group и \$project.....	238
Запись результатов конвейера агрегации в коллекцию	241
Глава 8. Транзакции	243
Знакомство с транзакциями	243
Определение ACID.....	244
Как использовать транзакции.....	244
Настройка ограничений транзакций для вашего приложения	249
Ограничения на размер журнала операций и ограничения по времени ...	249
Глава 9. Разработка приложений	251
Аспекты проектирования схем	251
Шаблоны проектирования схем	253
Нормализация и денормализация.....	256
Примеры представления данных.....	257
Кардинальность	262
Друзья, подписчики и другие неудобства.....	262
Оптимизация манипулирования данными	265
Удаление старых данных	265
Планирование баз данных и коллекций	266
Управление согласованностью.....	267
Перенос схем	269
Управление схемами	270
Когда не стоит использовать MongoDB	270
Часть III	
Репликация.....	271
Глава 10. Настройка набора реплик	272
Знакомство с репликацией	272

Настройка набора реплик, часть 1	273
Пара слов касательно работы в сети.....	274
Вопросы безопасности	275
Настройка набора реплик, часть 2	275
Наблюдение за репликацией	279
Изменение настройки набора реплик.....	285
Проектирование набора	287
Как работают выборы.....	289
Параметры конфигурации членов.....	291
Приоритет	291
Скрытые члены.....	291
Арбитры	292
Построение индексов.....	295
Глава 11. Компоненты набора реплик	296
Синхронизация	296
Начальная синхронизация	298
Репликация	300
Работа с устареванием данных.....	300
Тактовые сигналы	301
Состояния членов	301
Выборы	303
Откаты	304
Когда откаты не работают.....	307
Глава 12. Подключение к набору реплик из своего приложения.....	308
Как ведет себя соединение типа «клиент к набору реплик»	308
Ожидание репликации при операциях записи	311
Другие параметры для "w"	313
Гарантии специализированной репликации.....	313
По одному серверу на каждый центр обработки данных.....	313
Гарантия большинства нескрытых членов	315
Создание других гарантий.....	316
Отправка операций чтения на вторичные узлы	316
Соображения по поводу согласованности	317
Вопросы нагрузки.....	317
Причины чтения с вторичных узлов.....	318
Глава 13. Администрирование	320
Запуск членов в автономном режиме	320
Конфигурация набора реплик.....	321
Создание набора реплик.....	321

Изменение членов набора	322
Создание более крупных наборов	323
Принудительное переконфигурирование	323
Управление состоянием членов	324
Превращение первичных узлов во вторичные	324
Предотвращение выборов	324
Мониторинг репликации	325
Получение статуса	325
Визуализация графика репликации	329
Циклы репликации	330
Отключение цепочки	331
Расчет величины отставания	331
Изменение размера журнала операций	333
Построение индексов	334
Бюджетная репликация	335
Часть IV	
Шардинг	337
Глава 14. Знакомство с шардингом	338
Что такое шардинг?	338
Разбираемся с компонентами кластера	339
Настройка кластера на одной машине	340
Глава 15. Конфигурирование шардинга	352
Когда использовать шардинг	352
Запуск серверов	353
Конфигурационные серверы	353
Процессы mongos	355
Добавление шарда из набора реплик	355
Добавляем емкости	360
Шардинг данных	360
Диапазоны чанков	362
Расщепление чанков	364
Балансировщик	366
Сличения	367
Потоки изменений	368
Глава 16. Выбор ключа шардинга	369
Подводя итоги использования	369
Иллюстрация распределений	370
Моноotonно возрастающие ключи	370
Случайно распределенные ключи	373
Ключи с привязкой к местоположению пользователя	375

Стратегии.....	377
Хешированные ключи шардинга	377
Хешированные ключи шардинга для GridFS	379
Стратегия «пожарного шланга».....	380
Несколько хот-спотов.....	381
Правила и рекомендации.....	382
Ограничения.....	383
Кардинальность.....	384
Управление распределением данных.....	385
Использование кластера для нескольких баз данных и коллекций	385
Ручной шардинг.....	387
Глава 17. Администрирование шардинга.....	389
Просмотр текущего состояния.....	389
Получение сводки с помощью функции sh.status()	389
Просмотр информации о конфигурации	392
Отслеживание сетевых подключений	399
Получение статистики о соединениях	399
Ограничение числа соединений.....	407
Администрирование сервера.....	408
Добавление серверов	408
Смена серверов в шарде	409
Удаление шарда	409
Балансировка данных.....	413
Балансировщик.....	413
Изменение размера чанков	415
Перемещение чанков	416
Неразделимые чанки	418
Обновление конфигураций	421
Часть V	
Администрирование приложений.....	423
Глава 18. Смотрим, что делает ваше приложение.....	424
Просмотр текущих операций.....	424
Поиск проблемных операций.....	428
Ложные срабатывания	429
Предотвращение фантомных операций.....	429
Использование системного профилировщика	430
Вычисление размеров	434
Документы	434
Коллекции	434
Базы данных	440
Использование утилит mongotop и mongostat	441

Глава 19. Обеспечение безопасности в MongoDB	444
Аутентификация и авторизация в MongoDB	444
Механизмы аутентификации	444
Авторизация	445
Использование сертификатов x.509 для аутентификации членов и клиентов	447
Руководство по аутентификации в MongoDB и шифрованию на транспортном уровне	450
Создание центра сертификации	450
Создание и подпись сертификатов членов	456
Генерация и подписание клиентских сертификатов.....	457
Создание набора реплик без включенной аутентификации и авторизации	457
Создание пользователя с правами администратора	458
Перезапуск набора реплик с включенной аутентификацией и авторизацией.....	459
Глава 20. Долговечность	462
Долговечность на уровне членов с помощью журналирования.....	462
Долговечность на уровне кластера при использовании гарантии записи	464
Опции <code>w</code> и <code>wtimeout</code> для параметра <code>writeConcern</code>	464
Опция <code>j</code> (ведение журнала) для параметра <code>writeConcern</code>	465
Долговечность на уровне кластера при использовании гарантии чтения	466
Долговечность транзакций с использованием гарантии записи	467
Чего MongoDB не гарантирует	468
Проверка на предмет наличия повреждений	468
Часть VI	
Администрирование сервера	471
Глава 21. Настройка MongoDB в рабочем окружении	472
Запуск из командной строки.....	472
Конфигурирование на базе файлов	477
Остановка MongoDB	478
Шифрование данных.....	480
SSL-соединения	481
Протоколирование.....	481
Глава 22. Мониторинг MongoDB	483
Мониторинг использования памяти	483
Знакомство с памятью компьютера.....	483

Отслеживание использования памяти	484
Отслеживание отказов страницы.....	485
Время ожидания ввода/вывода	487
Вычисление рабочего множества	487
Примеры рабочего множества	488
Отслеживание производительности	489
Отслеживание свободного пространства.....	491
Мониторинг репликации	491
Глава 23. Создание резервных копий.....	495
Методы резервного копирования.....	495
Резервное копирование сервера.....	496
Снимок файловой системы	496
Копирование файлов данных	500
Использование mongodump.....	502
Особые факторы при копировании наборов реплик	505
Особые факторы при копировании разделенного кластера	506
Резервное копирование и восстановление всего кластера	507
Резервное копирование и восстановление одного шарда	507
Глава 24. Развертывание MongoDB	508
Проектирование системы	508
Выбор носителя для хранения.....	508
Рекомендуемые уровни спецификации RAID.....	509
Центральный процессор.....	510
Операционная система	510
Объем подкачки	511
Файловая система.....	512
Виртуализация	512
Избыточное выделение памяти	512
Таинственная память.....	513
Обработка проблем ввода/вывода сетевого диска.....	513
Использование несетевых дисков.....	514
Конфигурирование настроек системы	515
Отключение архитектуры неравномерного доступа к памяти.....	515
Упреждающее чтение.....	517
Отключение TNR	518
Выбор алгоритма планирования.....	519
Отключаем отслеживание времени доступа	520
Изменение ограничений	520
Конфигурирование сети.....	522
Наводим порядок в системе.....	524
Синхронизация часов	524

OOM Killer	524
Отключите периодические задачи	525
Приложение А. Установка MongoDB	526
Выбор версии	526
Установка в Windows.....	527
Установка в качестве службы.....	528
Установка в POSIX (Linux и Mac OS X)	528
Установка из диспетчера пакетов	529
Приложение В. Внутреннее устройство MongoDB	531
BSON	531
Проводной протокол.....	532
Файлы данных.....	532
Пространства имен	535
Подсистема хранения WiredTiger	535
Об авторах	536
Об изображении на обложке	537
Предметный указатель	538

Предисловие

Как устроена эта книга

Эта книга разделена на шесть частей, в которых приводятся сведения о разработке, администрировании и развертывании.

Начало работы с MongoDB

В главе 1 мы рассказываем о MongoDB: почему она была создана, какие цели пытается достичь и почему вы можете использовать ее для своего проекта. Более подробно мы рассмотрим главу 2, в которой представлены базовые понятия и словарь MongoDB. В главе 2 вы приступите к работе с базой данных и оболочкой. Следующие две главы посвящены основному материалу, который необходимо знать разработчикам для работы с MongoDB. В главе 3 мы опишем, как выполнять базовые операции записи, в том числе как делать это с различными уровнями безопасности и скорости. В главе 4 объясняется, как найти документы и создавать сложные запросы, а также рассказывается, как перебирать результаты, здесь приводятся варианты для ограничения, пропуска и сортировки результатов.

Разработка с MongoDB

В главе 5 описано, что такое индексирование и как индексировать свои коллекции MongoDB. В главе 6 объясняется, как использовать несколько специальных типов индексов и коллекций. В главе 7 рассматривается ряд методов агрегирования данных с MongoDB, включая подсчет, поиск различных значений, группировку документов, фреймворк агрегации и запись этих результатов в коллекцию. Глава 8 знакомит вас с транзакциями: что это такое, как лучше всего использовать их для своего приложения и как настроить. Наконец, эта часть заканчивается главой о разработке вашего приложения: в главе 9 содержатся советы по написанию приложения, которое хорошо работает с MongoDB.

Репликация

Часть, посвященная репликации, начинается с главы 10, в которой дается быстрый способ настроить набор реплик локально, и охватывает многие из доступных параметров конфигурирования. Затем в главе 11 рассматриваются различные концепции, связанные с репликацией. В главе 12 показано, как репликация взаимодействует с вашим приложением, а в главе 13 разбираются административные аспекты запуска набора реплик.

Шардинг

Часть, посвященная шардингу, начинается с главы 14, где дается описание быстрой локальной настройки. Затем в главе 15 приводится обзор компонентов кластера и рассказывается, как их настроить. Глава 16 содержит советы по выбору ключа шардинга для различных приложений. Наконец, глава 17 посвящена администрированию разделенного кластера.

Администрирование приложений

В следующих двух главах рассматривается множество аспектов администрирования MongoDB с точки зрения вашего приложения. В главе 18 обсуждается, как проанализировать то, что делает MongoDB. Глава 19 посвящена безопасности в MongoDB, настройке аутентификации и авторизации для вашего развертывания. В главе 20 объясняется, как MongoDB надежно хранит данные.

Администрирование сервера

Последняя часть посвящена администрированию сервера. В главе 21 описываются общие параметры при запуске и остановке MongoDB. В главе 22 обсуждается, что искать и как читать статистику во время мониторинга. В главе 23 описано, как сделать резервные копии и провести восстановление для каждого типа развертывания. Наконец, в главе 24 обсуждается ряд системных настроек, которые следует учитывать при развертывании MongoDB.

Приложения

В приложении А объясняется схема управления версиями в MongoDB и ее установка в Windows, OS X и Linux. Приложение В подробно описывает внутреннюю работу MongoDB: механизм хранения, формат данных и проводной протокол.

Обозначения, принятые в этой книге

В этой книге используются следующие типографские обозначения.

Курсив

Используется для обозначений новых терминов, URL-адресов, адресов электронной почты, имен коллекций, баз данных, файлов и расширений файлов.

Моноширинный шрифт

Используется в листингах программ, а также в абзацах для ссылки на элементы программы, такие как имена переменных или функ-

ций, утилиты командной строки, переменные среды, операторы и ключевые слова.

Моноширинный полужирный шрифт

Показывает команды или другой текст, который должен быть набран пользователем буквально.

Моноширинный курсив

Показывает текст, который должен быть заменен предоставленными пользователем значениями или значениями, определенными контекстом.



Этот элемент означает подсказку или предложение.



Этот элемент означает общее примечание.



Этот элемент указывает на предупреждение или предостережение.

Использование примеров кода

Дополнительный материал (примеры кода, упражнения и т. д.) можно загрузить по адресу <https://github.com/mongodb-the-definitive-guide-3e/mongodb-the-definitive-guide-3e>.

Если у вас есть вопрос технического характера или возникла проблема, связанная с примерами кода, отправьте письмо на адрес bookquestions@oreilly.com.

Данная книга призвана помочь вам выполнить свою работу. В общем, вы можете использовать код из этой книги в своих программах и документации. Вам не нужно обращаться к нам за разрешением, если вы не воспроизводите значительную часть кода. Например, для написания программы, в которой используется несколько фрагментов кода из этой книги, оно не требуется. Продажа или распространение CD-ROM с примерами из книг

O'Reilly требует разрешения. Чтобы ответить на вопрос, сославшись на эту книгу и приведя пример кода, разрешение не требуется. Включение значительного количества примеров кода из этой книги в документацию вашего продукта требует разрешения.

Атрибуция желательна, но не является обязательной. Обычно она включает в себя название книги, автора, издателя и ISBN. Например: «Книга рецептов R, 2-е изд., Дж. Д. Лонг и Пол Титор. Copyright 2019 Дж. Лонг и Пол Титор, 978-1-492-04068-2».

Если вы считаете, что использование примеров кода выходит за рамки добросовестного применения или только что описанного разрешения, свяжитесь с нами по адресу permissions@oreilly.com.

Обучение в режиме онлайн

На протяжении почти 40 лет O'Reilly Media (<https://www.oreilly.com>) предоставляет технологии и бизнес-тренинги, знания и анализ, чтобы помочь компаниям добиваться успеха.

Наша уникальная сеть экспертов и новаторов делится своими знаниями и опытом через книги, статьи, конференции и нашу онлайн-платформу обучения. Платформа онлайн-обучения O'Reilly предоставляет доступ по требованию к курсам обучения в режиме реального времени, углубленным способам обучения, интерактивным средам кодирования и обширной коллекции текстов и видео от O'Reilly и свыше 200 других издательств. Для получения дополнительной информации, пожалуйста, посетите сайт <http://oreilly.com>.

Предисловие от издательства

Отзывы и пожелания

Мы всегда рады отзывам наших читателей. Расскажите нам, что вы думаете об этой книге, – что понравилось или, может быть, не понравилось. Отзывы важны для нас, чтобы выпускать книги, которые будут для вас максимально полезны.

Вы можете написать отзыв прямо на нашем сайте www.dmkpress.com, зайдя на страницу книги, и оставить комментарий в разделе «Отзывы и рецензии». Также можно послать письмо главному редактору по адресу dmkpress@gmail.com, при этом напишите название книги в теме письма.

Если есть тема, в которой вы квалифицированы, и вы заинтересованы в написании новой книги, заполните форму на нашем сайте по адресу http://dmkpress.com/authors/publish_book/ или напишите в издательство по адресу dmkpress@gmail.com.

Список опечаток

Хотя мы приняли все возможные меры для того, чтобы удостовериться в качестве наших текстов, ошибки все равно случаются. Если вы найдете ошибку в одной из наших книг – возможно, ошибку в тексте или в коде, – мы будем очень благодарны, если вы сообщите нам о ней. Сделав это, вы избавите других читателей от расстройств и поможете нам улучшить последующие версии этой книги.

Если вы найдете какие-либо ошибки в коде, пожалуйста, сообщите о них главному редактору по адресу dmkpress@gmail.com, и мы исправим это в следующих тиражах.

Нарушение авторских прав

Пиратство в интернете по-прежнему остается насущной проблемой. Издательства «ДМК Пресс» и O'Reilly очень серьезно относятся к вопросам защиты авторских прав и лицензирования. Если вы столкнетесь в интернете с незаконно выполненной копией любой нашей книги, пожалуйста, сообщите нам адрес копии или веб-сайта, чтобы мы могли применить санкции.

Пожалуйста, свяжитесь с нами по адресу электронной почты dmkpress@gmail.com со ссылкой на подозрительные материалы.

Мы высоко ценим любую помощь по защите наших авторов, помогающую предоставлять вам качественные материалы.

Часть I



Введение в MongoDB

Глава 1

Введение

MongoDB – это мощная, гибкая и масштабируемая система управления базами данных (СУБД) общего назначения. Она сочетает в себе возможность масштабирования с такими функциями, как вторичные индексы, запросы по диапазону, сортировка, агрегирование и геопространственные индексы. В этой главе рассматриваются основные проектные решения, которые сделали MongoDB тем, чем она является.

Простота использования

MongoDB – это не реляционная, а *документоориентированная* система управления базами данных. Основной причиной отказа от реляционной модели является упрощение горизонтального масштабирования, но есть и другие преимущества.

Документоориентированная СУБД заменяет концепцию «строки» более гибкой моделью, «документом». Позволяя использовать вложенные документы и массивы, документоориентированный подход дает возможность представлять сложные иерархические отношения с помощью одной записи. Это естественным образом вписывается в то, как разработчики, работающие с современными объектно-ориентированными языками, рассматривают свои данные.

Также нет предопределенных схем: ключи и значения документа не имеют фиксированных типов или размеров. Когда нет фиксированной схемы, добавлять или удалять поля по мере необходимости становится проще. Как правило, это ускоряет разработку, поскольку разработчики могут быстро выполнять итерации. Экспериментировать также проще. Разработчики могут опробовать десятки моделей для данных, а затем выбрать лучшую.

Разработана для масштабирования

Размеры наборов данных для приложений растут невероятными темпами. Увеличение доступной пропускной способности и дешевые хранилища создали среду, в которой даже небольшим приложениям необходимо

хранить больше данных, чем способны обработать многие базы данных. Терабайт данных, некогда неслыханный объем информации, теперь стал обычным явлением.

По мере роста объема данных, которые необходимо хранить разработчикам, последние сталкиваются с трудным решением: как масштабировать свои базы данных? Масштабирование базы данных сводится к выбору между вертикальным масштабированием (получение более крупной машины) и горизонтальным масштабированием (партиционирование данных на нескольких машинах). Вертикальное масштабирование часто является путем наименьшего сопротивления, но у него имеются свои недостатки: большие машины нередко очень дороги, и в конечном итоге достигается физический предел, когда более мощную машину нельзя купить любой ценой. Альтернативой является горизонтальное масштабирование: добавить место для хранения или увеличить пропускную способность для операций чтения и записи, приобрести дополнительные серверы и добавить их в свой кластер. Это и дешевле, и более масштабируемо; однако администрировать тысячу машин сложнее, чем заботиться об одной.

MongoDB была разработана для горизонтального масштабирования. Документоориентированная модель данных облегчает распределение данных между несколькими серверами. MongoDB автоматически заботится о балансировке данных и нагрузки в кластере, автоматически перераспределяя документы и направляя операции чтения и записи в нужные машины, как показано на рис. 1.1.

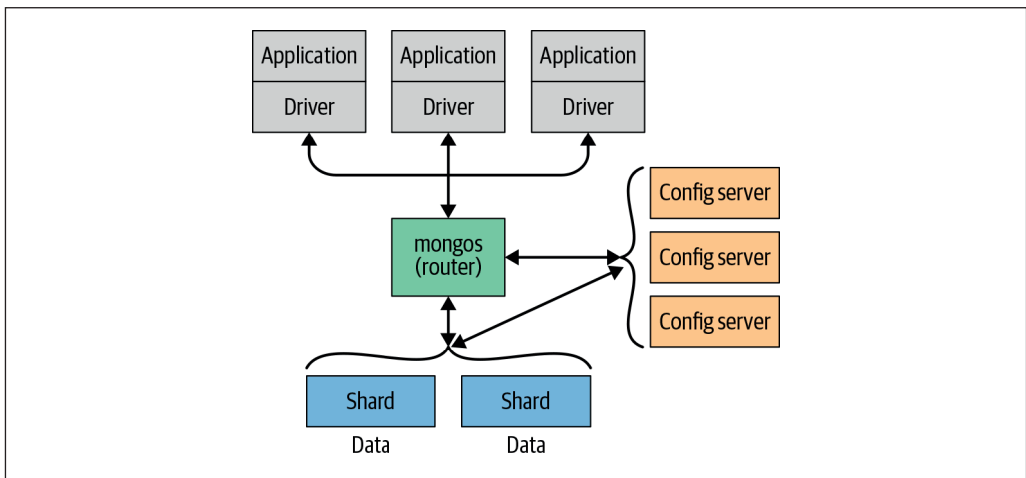


Рис. 1.1. Масштабирование MongoDB с использованием шардинга на нескольких серверах

Топология кластера MongoDB, или же это фактически кластер, а не один узел на другом конце соединения с базой данных, прозрачна для прило-

жения. Это позволяет разработчикам сосредоточиться на программировании приложения, а не на его масштабировании.

Аналогичным образом, если необходимо изменить топологию существующего развертывания, например для масштабирования, чтобы поддержать большую нагрузку, логика приложения может оставаться прежней.

Богатство функций...

MongoDB – СУБД общего назначения, поэтому помимо создания, чтения, обновления и удаления данных она предоставляет большинство тех функций, которые можно ожидать от системы управления базами данных, и многие другие, которые выделяют ее. Среди них:

Индексирование

MongoDB поддерживает общие вторичные индексы и предоставляет уникальное, составное, геопространственное и полнотекстовое индексирование. Также поддерживаются вторичные индексы в иерархических структурах, таких как вложенные документы и массивы, которые позволяют разработчикам в полной мере использовать возможность моделирования таким способом, который наиболее подходит для их приложений.

Агрегация

MongoDB предоставляет фреймворк для агрегации на базе концепции конвейеров обработки данных. Конвейеры агрегации позволяют создавать сложные аналитические механизмы, обрабатывая данные через ряд относительно простых этапов на стороне сервера, используя все преимущества оптимизации базы данных.

Специальные типы коллекций и индексов

MongoDB поддерживает коллекции данных TTL (time-to-live), срок действия которых должен истечь в определенное время, такие как сеансы и коллекции фиксированного размера, для хранения недавно полученных данных, например журналов. MongoDB также поддерживает частичные индексы, ограниченные только теми документами, которые соответствуют фильтру критериев, чтобы повысить эффективность и уменьшить необходимый объем дискового пространства.

Файловое хранилище

MongoDB поддерживает простой в использовании протокол для хранения больших файлов и метаданных файлов.

Некоторые функции, распространенные в реляционных СУБД, в MongoDB отсутствуют, особенно сложные соединения. MongoDB поддержива-

ет соединения очень ограниченным образом посредством использования оператора агрегации `$lookup`, который появился в выпуске 3.2. В версии 3.6 более сложные соединения возможны с использованием нескольких условий объединения, а также несвязанных подзапросов. Обработка соединений в MongoDB была архитектурным решением, обеспечивающим большую масштабируемость, поскольку обе эти функции сложно эффективно реализовать в распределенной системе.

...Без ущерба для скорости

Производительность является основной целью MongoDB и во многом сформировала ее дизайн. Она использует уступающую блокировку в своей подсистеме хранения WiredTiger, чтобы максимизировать параллелизм и пропускную способность. Она применяет столько оперативной памяти, сколько может, как и свой кеш, и пытается автоматически выбирать правильные индексы для запросов. Говоря кратко, почти каждый аспект MongoDB был разработан для поддержания высокой производительности.

Хотя MongoDB является мощным средством, включающим в себя множество функций реляционных систем, она не предназначена для выполнения всего того, что делает реляционная СУБД. В случае с некоторыми функциями сервер базы данных переносит обработку и логику на клиентскую сторону (обработка осуществляется либо драйверами, либо кодом приложения пользователя). Поддержание этого обтекаемого дизайна является одной из причин, по которой MongoDB может достигать такой высокой производительности.

Философия

В этой книге мы уделим время тому, чтобы отметить причины или мотивы, стоящие за конкретными решениями, которые принимались при разработке MongoDB. С помощью этого мы надеемся поделиться философией MongoDB. Однако лучший способ подвести итоги проекта MongoDB – обозначить его главную цель – создание полноценного хранилища данных, которое является масштабируемым, гибким и быстрым.

Глава 2

Начало работы

MongoDB – мощный инструмент, с которым легко начать работу. В этой главе мы познакомимся с некоторыми основными понятиями MongoDB:

- *документ* представляет собой основную единицу данных в MongoDB и приблизительно эквивалентен строке в реляционной системе управления базами данных (но гораздо более выразителен);
- аналогично *коллекцию* можно рассматривать как таблицу с динамической схемой;
- один экземпляр MongoDB может содержать несколько независимых *баз данных*, каждая из которых содержит свои собственные коллекции;
- у каждого документа есть специальный ключ "_id", который является уникальным в рамках коллекции;
- MongoDB распространяется с помощью простого, но мощного инструмента под названием оболочка *mongo*. Оболочка *mongo shell* предоставляет встроенную поддержку для администрирования экземпляров MongoDB и манипулирования данными с использованием языка запросов MongoDB. Это также полнофункциональный интерпретатор JavaScript, который позволяет пользователям создавать и загружать собственные сценарии для различных целей.

Документы

В основе MongoDB лежит *документ*: упорядоченный набор ключей со связанными значениями. Представление документа зависит от языка программирования, но большинство языков имеют естественную структуру данных, например ассоциативный массив, хеш или словарь. Например, в JavaScript документы представлены в виде объектов:

```
{"greeting" : "Hello, world!"}
```

Этот простой документ содержит единственный ключ "greeting" со значением "Hello, world!". Большинство документов будут более сложными

по сравнению с этим и часто будут содержать несколько пар типа «ключ/значение»:

```
{"greeting" : "Hello, world!", "views" : 3}
```

Как видно, значения в документах – это не просто «BLOB-объекты». Они могут относиться к одному из нескольких типов данных (или даже ко всему вложенному документу – см. раздел «Вложенные документы»). В этом примере значение "greeting" является строкой, тогда как значение "views" – это целое число.

Ключи в документе – это строки. В ключе допустимо использование любого символа в кодировке UTF-8, за несколькими заметными исключениями:

- ключи не должны содержать символ `\0` (нулевой символ). Он используется для обозначения конца ключа;
- символы `.` и `$` обладают некоторыми специальными свойствами и должны использоваться только при определенных обстоятельствах, о чем будет рассказано в последующих главах. В целом они должны считаться зарезервированными, и драйверы будут жаловаться, если эти символы будут использоваться не по назначению.

MongoDB чувствительна к типу и регистру. Например, эти документы отличаются:

```
{"count" : 5}
{"count" : "5"}
```

равно как и эти:

```
{"count" : 5}
{"Count" : 5}
```

И еще одна важная вещь: документы в MongoDB не могут содержать дубликаты ключей. Например, приведенный ниже документ не является допустимым:

```
{"greeting" : "Hello, world!", "greeting" : "Hello, MongoDB!"}
```

Коллекции

Коллекция представляет собой группу документов. Если в MongoDB документ является аналогом строки в реляционной СУБД, то коллекцию можно рассматривать как аналог таблицы.

Динамические схемы

Коллекции имеют *динамические схемы*. Это означает, что документы в одной коллекции могут иметь любое число различных «фигур». Например, оба приведенных ниже документа могут храниться в одной коллекции:

```
{"greeting" : "Hello, world!", "views": 3}  
{"signoff": "Good night, and good luck"}
```

Обратите внимание на то, что предыдущие документы имеют разные ключи, разное количество ключей и значения разных типов. Поскольку любой документ можно поместить в любую коллекцию, часто возникает вопрос: «Зачем вообще нужны отдельные коллекции?» Если нет необходимости в отдельных схемах для разных видов документов, зачем использовать дополнительные коллекции? На то есть ряд веских причин:

- хранение разных видов документов в одной коллекции может стать кошмаром для разработчиков и администраторов. Разработчики должны убедиться, что каждый запрос возвращает только документы, привязанные к определенной схеме, или что код приложения, выполняющий запрос, может обрабатывать документы различной формы. Если мы запрашиваем посты в блоге, очень сложно отсеять документы, содержащие данные об авторах;
- получить список коллекций намного быстрее, чем извлечь список типов документов в коллекции. Например, если бы в каждом документе было поле "type", в котором указывалось, был ли это документ «skim», «whole» или «chunky monkey», было бы намного медленнее искать эти три значения в одной коллекции, чем иметь три отдельные коллекции и запросить правильную;
- группировка документов одного и того же вида в одной коллекции допускает локальность данных. Получение нескольких постов в блоге из коллекции, содержащей только посты, вероятно, потребует меньше операций поиска на диске, нежели получение тех же постов из коллекции, где содержатся посты и данные об авторах;
- мы начинаем навязывать своим документам некую структуру при создании индексов. (Это особенно верно в случае с уникальными индексами.) Эти индексы определяются для каждой коллекции. Помещая в одну коллекцию только документы одного типа, можно более эффективно индексировать свои коллекции.

Существуют веские причины для создания схемы и группировки связанных типов документов. Хотя этого и не требуется по умолчанию, определение схем для вашего приложения является хорошей практикой и может быть реализовано с помощью функций проверки документации MongoDB

и библиотек объектно-документного отображения, доступных для множества языков программирования.

Именованние

Коллекция идентифицируется по имени. Имена коллекций могут быть любой строкой в кодировке UTF-8 с некоторыми ограничениями:

- пустая строка (“”) не является допустимым именем коллекции;
- имена коллекций не могут содержать символ `\0` (нулевой символ), поскольку он обозначает конец имени коллекции;
- не следует создавать коллекции с именами, начинающимися со слова *system*. Этот префикс зарезервирован для внутренних коллекций. Например, коллекция *system.users* содержит пользователей базы данных, а коллекция *system.namespaces* содержит информацию обо всех коллекциях базы данных;
- созданные пользователем коллекции не должны содержать зарезервированный символ `$` в своих именах. Различные драйверы, доступные для базы данных, все же поддерживают применение этого символа в именах коллекций, потому что он содержится в некоторых сгенерированных системой коллекциях, но вы не должны использовать `$` в имени, только если вы не выполняете доступ к одной из этих коллекций.

Вложенные коллекции

Одно из соглашений для организации коллекций состоит в том, чтобы использовать вложенные коллекции пространства имен, разделенные символом «.». Например, приложение, содержащее блог, может иметь коллекцию с именем *blog.posts* и отдельную коллекцию с именем *blog.authors*. Это служит только организационным целям – нет никакой связи между коллекцией *blog* (она даже не должна существовать) и ее «потомками».

Хотя вложенные коллекции не имеют каких-либо специальных свойств, они полезны и включены во многие инструменты MongoDB. Например:

- GridFS, протокол для хранения больших файлов, использует вложенные коллекции для хранения метаданных файлов отдельно от блоков содержимого (дополнительную информацию о GridFS см. в главе 6);
- большинство драйверов предоставляют некий «синтаксический сахар» для доступа к вложенной коллекции. Например, в оболочке базы данных *db.blog* предоставит вам коллекцию *blog*, а *db.blog.posts* – коллекцию *blog.posts*.

Вложенные коллекции – хороший способ организовать данные в MongoDB для множества случаев использования.

Базы данных

В дополнение к группированию документов по коллекции MongoDB группирует коллекции в *базы данных*. Один экземпляр MongoDB может содержать несколько баз данных, каждая из которых объединяет ноль или более коллекций. Есть хорошее практическое правило – хранить все данные одного приложения в одной и той же базе данных. Отдельные базы данных полезны при хранении данных для нескольких приложений или пользователей на одном сервере MongoDB.

Как и коллекции, базы данных идентифицируются по имени. Имена баз данных могут быть любой строкой в формате UTF-8 со следующими ограничениями:

- пустая строка (“”) не является допустимым именем базы данных;
- имя базы данных не может содержать следующие символы: /, \, ., ”, *, <, >, :, |, ?, \$, (один пробел) или \0 (нулевой символ). В основном придерживаться буквенно-цифровой таблицы ASCII;
- имена баз данных нечувствительны к регистру;
- имена баз данных ограничены максимум 64 байтами.

Традиционно, до использования подсистемы хранения WiredTiger, имена баз данных становились файлами в вашей файловой системе. Теперь этого больше нет. Это объясняет, почему многие из предыдущих ограничений вообще существуют.

Есть также некоторые зарезервированные имена баз данных, к которым можно получить доступ, но которые имеют особую семантику. Вот они:

admin

База данных *admin* играет роль в аутентификации и авторизации. Кроме того, доступ к этой базе данных необходим для ряда административных операций. См. главу 19 для получения дополнительной информации о базе данных *admin*.

local

В этой базе данных хранятся данные, относящиеся к одному серверу. В наборах реплик в базе *local* хранятся данные, используемые в процессе репликации. Сама база данных *local* никогда не реплицируется. (См. главу 10 для получения дополнительной информации о репликации и локальной базе данных.)

config

Разделенные (сегментированные) кластеры MongoDB (см. главу 14) используют базу данных *config* для хранения информации о каждом шарде.

Объединяя имя базы данных с коллекцией в этой базе данных, вы можете получить полное имя коллекции, которое называется *пространством имен*. Например, если вы используете коллекцию *blog.posts* в базе данных *cms*, пространство имен этой коллекции будет таким: *cms.blog.posts*. Длина пространств имен ограничена 120 байтами, а на практике должна быть менее 100 байт. Подробнее о пространствах имен и внутреннем представлении коллекций в MongoDB см. приложение В.

Начало работы с MongoDB

Чтобы запустить сервер, выполните исполняемый файл *mongod* в выбранной вами среде с интерфейсом командной строки Unix:

```
$ mongod
2016-04-27T22:15:55.871-0400 I CONTROL [initandlisten] MongoDB starting :
pid=8680 port=27017 dbpath=/data/db 64-bit host=morty
2016-04-27T22:15:55.872-0400 I CONTROL [initandlisten] db version v4.2.0
2016-04-27T22:15:55.872-0400 I CONTROL [initandlisten] git version:
34e65e5383f7ea1726332cb175b73077ec4a1b02
2016-04-27T22:15:55.872-0400 I CONTROL [initandlisten] allocator: system
2016-04-27T22:15:55.872-0400 I CONTROL [initandlisten] modules: none
2016-04-27T22:15:55.872-0400 I CONTROL [initandlisten] build environment:
2016-04-27T22:15:55.872-0400 I CONTROL [initandlisten] distarch: x86_64
2016-04-27T22:15:55.872-0400 I CONTROL [initandlisten] target_arch: x86_64
2016-04-27T22:15:55.872-0400 I CONTROL [initandlisten] options: {}
2016-04-27T22:15:55.889-0400 I JOURNAL [initandlisten]
journal dir=/data/db/journal
2016-04-27T22:15:55.889-0400 I JOURNAL [initandlisten] recover :
no journal files
present, no recovery needed
2016-04-27T22:15:55.909-0400 I JOURNAL [durability] Durability thread started
2016-04-27T22:15:55.909-0400 I JOURNAL [journal writer] Journal writer thread
started
2016-04-27T22:15:55.909-0400 I CONTROL [initandlisten]
2016-04-27T22:15:56.777-0400 I NETWORK [HostnameCanonicalizationWorker]
Starting hostname canonicalization worker
2016-04-27T22:15:56.778-0400 I FTDC [initandlisten] Initializing full-time
diagnostic data capture with directory '/data/db/diagnostic.data'
2016-04-27T22:15:56.779-0400 I NETWORK [initandlisten] waiting for connections
on port 27017
```

Если вы работаете в Windows, запустите это:

```
> mongod.exe
```



Для получения подробной информации об установке MongoDB в вашей системе см. приложение А или соответствующее руководство по установке (<https://oreil.ly/5WP5e>) в документации MongoDB.

При запуске без аргументов файл *mongod* будет использовать каталог данных по умолчанию, */data/db/* (или *\data\db* на текущем томе в Windows). Если каталог данных отсутствует или недоступен для записи, сервер не запустится. Важно создать каталог данных (например, `mkdir -p /data/db/`) и убедиться, что у вашего пользователя есть права на запись в каталог перед запуском MongoDB.

При запуске сервер выведет информацию о версии и системе, а затем начнет ждать подключения. По умолчанию MongoDB прослушивает подключения к сокету на порту 27017. Сервер не сможет запуститься, если этот порт недоступен, – наиболее частой причиной этого является еще один экземпляр MongoDB, который уже запущен.



Всегда следует обезопасить свои экземпляры *mongod*. См. главу 19 для получения дополнительной информации.

Можно безопасно остановить *mongod*, набрав сочетание клавиш **Ctrl-C** в окружении с интерфейсом командной строки, из которой вы запускали сервер.



Для получения дополнительной информации о запуске или остановке MongoDB см. главу 21.

Знакомство с оболочкой MongoDB

MongoDB поставляется с оболочкой JavaScript, которая позволяет взаимодействовать с экземпляром MongoDB из командной строки. Эта оболочка

полезна для выполнения административных функций, проверки работающего экземпляра или просто изучения MongoDB. Оболочка *mongo* является важным инструментом для использования MongoDB. Мы будем широко использовать ее на протяжении всей книги.

Запуск оболочки

Чтобы запустить оболочку, запустите исполняемый файл *mongo*:

```
$ mongo
MongoDB shell version: 4.2.0
connecting to: test
>
```

Оболочка автоматически пытается подключиться к серверу MongoDB, работающему на локальной машине, при запуске, поэтому убедитесь, что вы запускаете *mongod* перед запуском оболочки.

Оболочка представляет собой полнофункциональный интерпретатор JavaScript, способный запускать произвольные программы на языке JavaScript. В качестве иллюстрации давайте выполним базовые математические вычисления:

```
> x = 200;
200
> x / 5;
40
```

Мы также можем использовать все стандартные библиотеки JavaScript:

```
> Math.sin(Math.PI / 2);
1
> new Date("20109/1/1");
ISODate("2019-01-01T05:00:00Z")
> "Hello, World!".replace("World", "MongoDB");
Hello, MongoDB!
```

И даже можем определять и вызывать функции JavaScript:

```
> function factorial (n) {
... if (n <= 1) return 1;
... return n * factorial(n - 1);
... }
> factorial(5);
120
```

Обратите внимание, что вы можете создавать многострочные команды. Оболочка будет определять, завершены ли операторы JavaScript, когда

вы нажимаете **Enter**. Если оператор не завершен, оболочка позволит вам продолжить запись в следующей строке. Нажав **Enter** три раза подряд, вы отмените наполовину сформированную команду и снова увидите приглашение к вводу `>`.

Клиент MongoDB

Хотя возможность выполнения произвольного кода JavaScript полезна, реальная сила оболочки заключается в том, что она также является автономным клиентом MongoDB. При запуске оболочка подключается к базе данных *test* на сервере MongoDB и присваивает это подключение глобальной переменной `ab`. Эта переменная является основной точкой доступа к вашему серверу MongoDB через оболочку.

Чтобы увидеть базу данных, которой присвоена переменная `ab`, наберите `ab` и нажмите **Enter**:

```
> db
test
```

Оболочка содержит некоторые дополнения, которые не являются допустимым синтаксисом в JavaScript, но они были реализованы по причине того, что они знакомы пользователям оболочек SQL. Эти дополнения не предоставляют никакой дополнительной функциональности, но являются хорошим синтаксическим сахаром. Например, одна из наиболее важных операций – выбор базы данных, которая будет использоваться:

```
> use video
switched to db video
```

Теперь если вы посмотрите на переменную `ab`, то увидите, что она относится к базе данных *video*:

```
> db
Video
```

Поскольку это оболочка JavaScript, при вводе имени переменной имя будет оцениваться как выражение. После будет выведено значение (в данном случае имя базы данных).

Вы можете получить доступ к коллекциям из переменной `ab`. Например:

```
> db.movies
```

возвращает коллекцию *movies* из текущей базы данных. Теперь, когда мы можем получить доступ к коллекции в оболочке, мы можем выполнить практически любую операцию с базой данных.